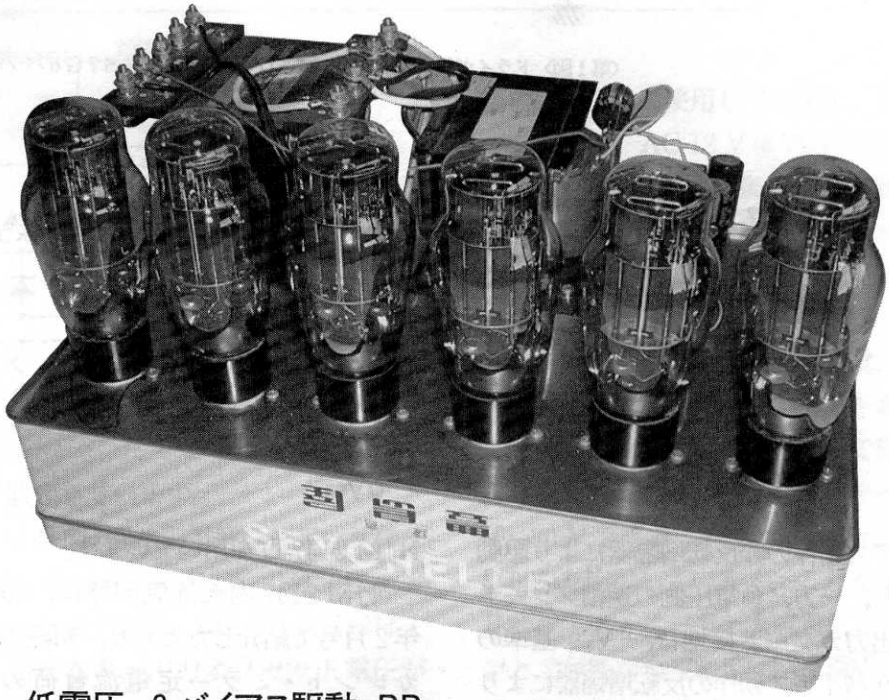
●0バイアス駆動，3パラ化で出力2.5W

6AS7G×3 SEPP OTLアンプの製作

池田敏弘



21世紀の真空管OTL

球自身のサウンドを維持しつつ物理的出力の向上と地球環境ECO(省エネ)とを両立することが，21世紀の真空管アンプに求められます．本誌09年12月号で発表した真空管OTLは「低電圧，0バイアス駆動，PP方式」というこれまでにない独自の仕様により，前述の両立を実現しました．

さらに，製作も容易で無調整の動作も可能にしましたので，憧れていても遠い存在であった真空管OTLをより身近なものにしたと思います．多くの読者のかたがたからも同様なご意見やお褒めの言葉をいただいています．

同時に，本誌09年2月号に発表した6AS7Gカソード・フォロアOTLを製作されたかたからは，トリプルPP化のお問い合わせもいただいています．

そこで，今回カソード・フォロア出力OTLアンプそのものを低電圧，0バイアス駆動，PP方式のOTLアンプへ改造し，具体的な変更内容をご紹介させていただこうと思います．

低電圧，0バイアス駆動，PP方式の特徴

第1図に09年2月号に発表した6AS7Gカソード・フォロアOTLの回路図を示します．ここで，動作理解のため，わかりやすい回路に書き直しますと，**第2図**に示すような基本回路となり，電圧増幅段と3極管カソード・フォロアからなる非常にシンプルな構成のOTLアンプとなっています．

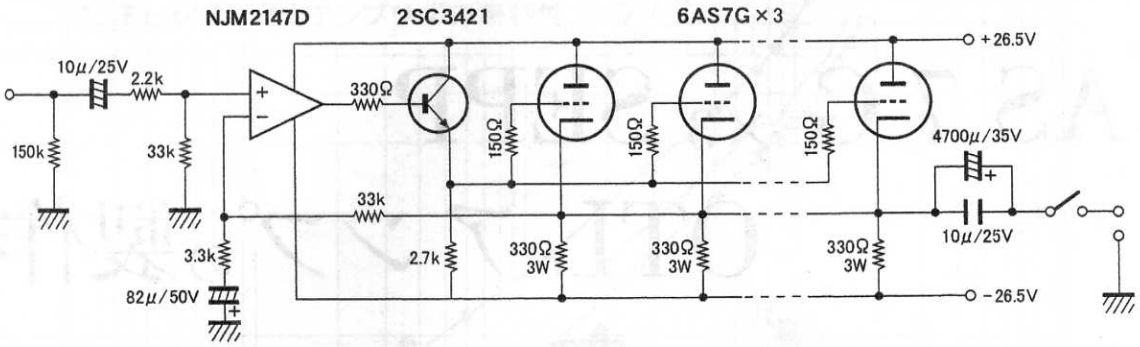
出力段はシングルA級動作で，出力電位(0V)基準に対してのバイアスとなります．使用プレート電圧での0バイアス付近の電流値にカソード抵抗を設定し，出力から電圧増幅段の反転入力に100%DC帰還をかけることで，安定した真空管OTL動作を実現しています．

0バイアスで使用することにより，電源電圧の利用率はよく，球そのものの特性が際だち，偶数次非直線特性によるハーモニクス効果が得られるOTLアンプですが，唯一の欠点はカソード側抵抗の電力ロスとなります．

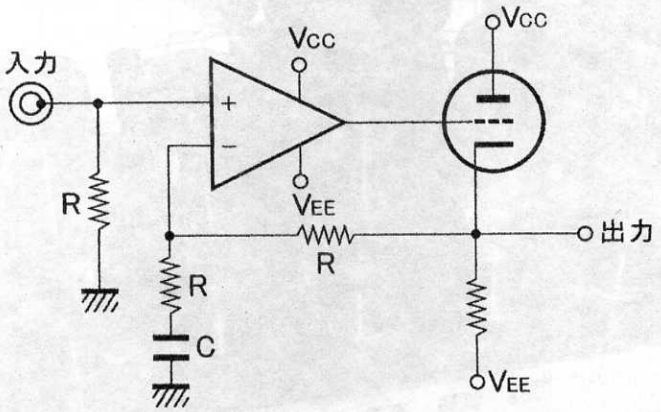
これを解決した手段が低電圧0バイアス駆動PP方式です．**第3図**に基本回路を示します．パッシブな抵抗であった負電圧側をアクティブな3極管出力に変更し，物理的最大出力のアップとさらなる効率化を図りました．

さらに，SEPPを構成する大容量の出力管を強力に確実にドライブするため，直結駆動としています．

正電圧側の正相カソード出力カソード・フォロアは，0V基準の0バイ



〈第1図〉ドライヴ段にエミッタ・フォロワを加えた6AS7G6パラOTLアンプの回路図



〈第2図〉
第1図の回路の基本構成

アス動作の非反転増幅器により駆動し，一方，負電圧側の逆相プレート出力カソード接地は，$-V_{EE}$ 基準の0バイアス動作の反転増幅器により駆動します．

また，スピーカ出力から非反転増幅器の反転入力へ100%DC帰還を施すことでDCオフセットを0Vとし，動作的にも安定なOTLアンプを実現しています．

PP方式の真空管OTLにも関わらず，製作が容易で無調整化も実現し，電源ON/OFF時の操作でも，リレーやタイマーなどによる動作タイミングの対処をする必要がないという，従来の方式の真空管OTLからは考えられない特長ももっています．

回路のあらまし

トリプルPP化した増幅部回路と電源回路を**第4図**に示します．

非反転増幅器と反転増幅器には，高電圧対応Opアンプで入手容易なNJM 2147 Dを用いています．

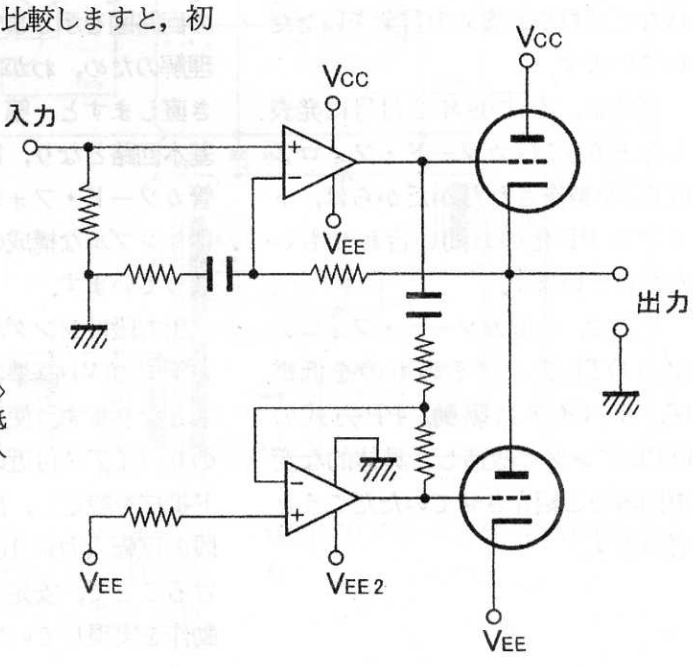
NJM 2147内部等価回路は，09年2月号で紹介したとおり，初段がカレント・ミラー定電流負荷のPNP差動回路，2段目は定電流負荷のNPNエミッタ接地回路，出力段はNPN/PNPによるSEPP回路という構成となっています．一般的なOpアンプと比較しますと，初段のつぎに設けられるNPNエミッタ・フォロアがない形です．

反転増幅器は，入力を電解コンデンサでDCカットし，$-V_{EE}$ 基準にレベル・シフトしています．

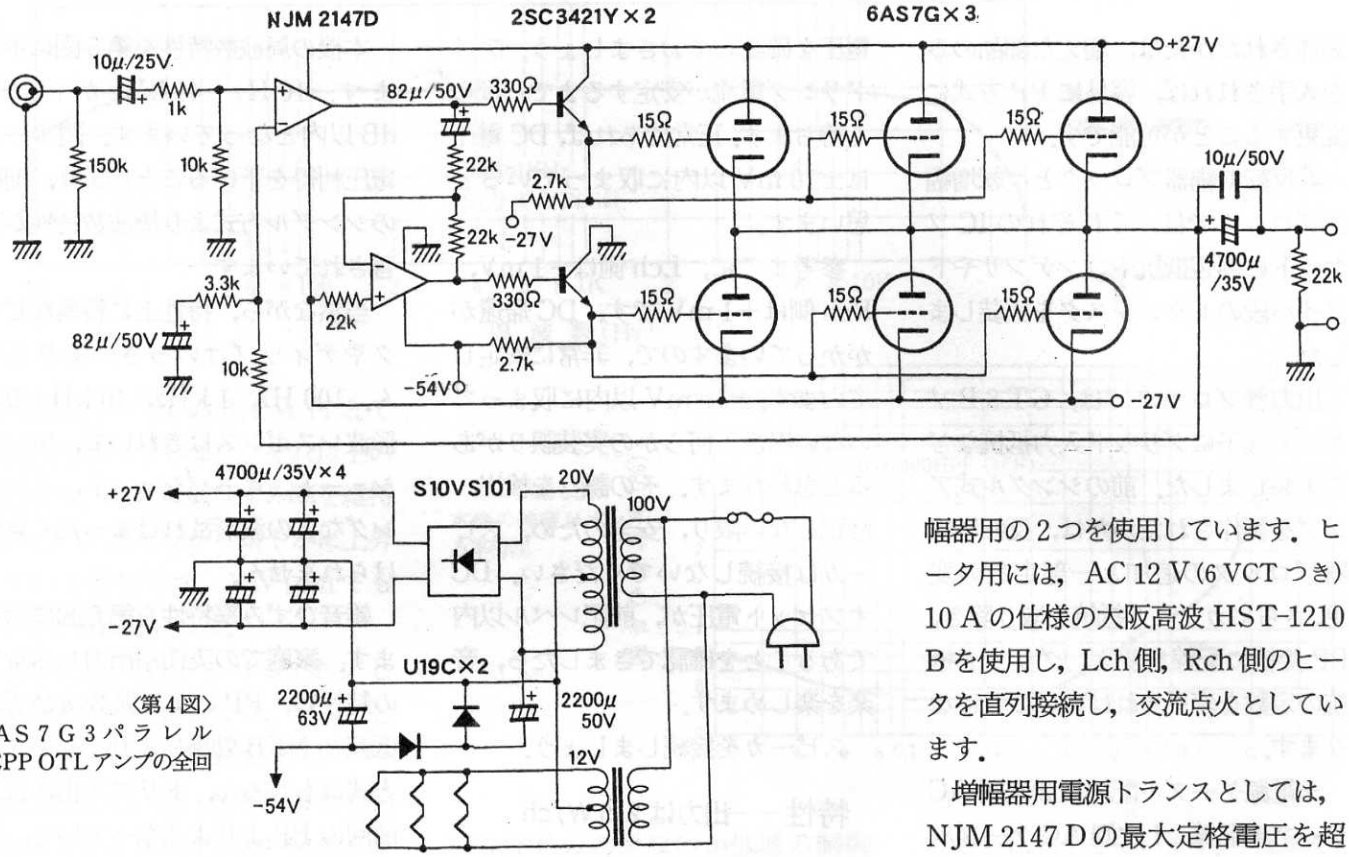
つぎに，ドライバ段を設けています．その理由は，出力管は0バイアス付近で動作しますので，グリッドが+側に振られるときはグリッド電流が流れることになり，2147では電流供給能力が小さいため，エミッタ・フォロアのドライバを設け，直結ドライブします．

デバイスとしては，こちらもお馴染みNPN型の2SC 3421 Yを使用しています．

出力は6AS7Gを片ch3本用い，トリプルPPとなります．基本



〈第3図〉
第2図のカソード側抵抗の代りに出力管を入れて出力を増大させる



〈第4図〉
6AS7G3パラレルSEPP OTLアンプの全回路

的には球1本でPPを構成するように接続します．これによってDCオフセットの安定化だけでなく，球の抜き差しだけで年中楽しめる真空管OTLが可能です．夏は2本使用，春秋は4本使用，冬は6本使用と，温度環境が変化しても，暑さを我慢することなく心地よいOTLサウンドを楽しめます．冬はちょっとした暖房にもなります．

音声帯域の電圧ゲインは，オーバオールのNFBをかけていますので，帰還抵抗値により決定されます．閉ループ電圧ゲインA_1は次式で近似されます．

$A_1=(3.3\,k+10\,k)/3.3\,k\fallingdotseq4$

入力抵抗が存在しますので，総合電圧ゲインAは，つぎのようになります．

$A=33\,k/(1\,k+33\,k)\cdot A_1\fallingdotseq3.9$

NJM 2147 Dの開ループ電圧利得がM 5219に比べ20～25 dB劣り，高域の周波数特性が伸びなくなるので，閉ループ・ゲインは低めに設定しています．

NFB回路の電解コンデンサのインピーダンスがDCでは無限大となりますので，DCゲインはほぼ1倍となり，入力オフセット電圧がDCオフセット電圧となり，動作安定な真空管OTLアンプとなります．真空管が暖まればDC帰還がかかり，DCオフセット電圧はほぼ0 Vとなり，直接スピーカをドライブすることが可能です．

ただ，今回も万一の取り扱いまちがいなどを考慮し，カップリング・コンデンサを接続しています．このコンデンサとスピーカのインピーダンスとで低域の時定数を形成しますから，低域特性を考慮すると，容量が大きなものが望ましくなります．4700 μF以上あれば，出力直結時とほぼ変わらない音質を楽しめると考えます．高域の音質にこだわるかたはフィルム・コンデンサを接続されるとよいでしょう．

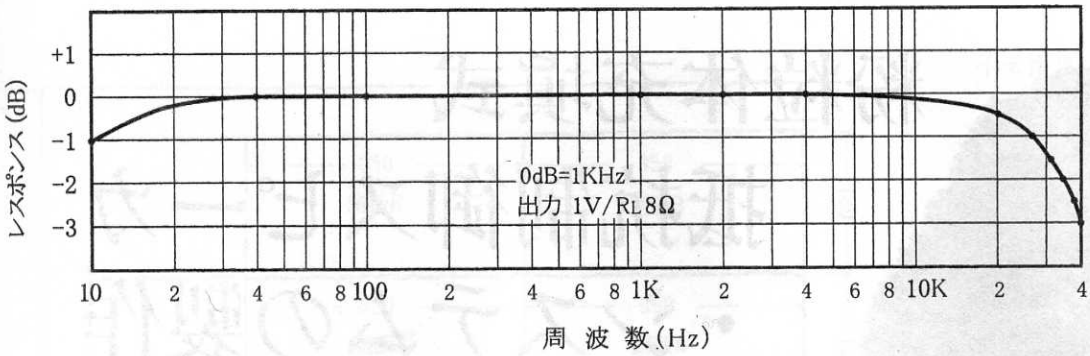
電源トランスには，ヒータ用と増幅器用の2つを使用しています．ヒータ用には，AC 12 V(6 VCTつき)10 Aの仕様の大阪高波HST-1210 Bを使用し，Lch側，Rch側のヒータを直列接続し，交流点火としています．

増幅器用電源トランスとしては，NJM 2147 Dの最大定格電圧を超えることがなく，なるべく高めで使えるということから，AC 20 V～0 V～20 V 2.5 Aの仕様のデジットD 025を使用しています．これをブリッジ・ダイオードと大容量ケミコンとで単純な全波整流回路を構成させ，約±27 Vを生成しています．反転増幅器用の負電圧は，倍電圧整流回路により約－54 Vを生成しています．

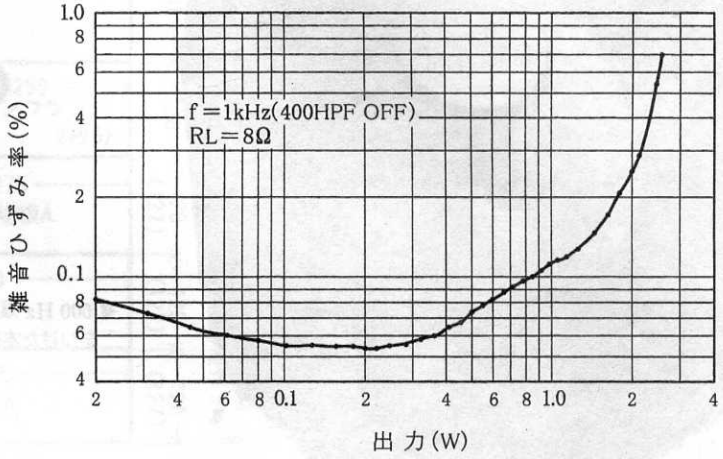
前号に発表したカソード・フォロア・シングル方式からトリプルPP方式への変更点は，反転増幅器と倍電圧回路の追加，出力段の回路変更とオーバオールNFB回路の定数変更程度となります．

製作と調整

本機の部品の一覧表を**第1表**に示します．トリプルPPとなりましたが，部品点数は前回のシングル方式と大きく変わっていません．反転増幅器用Opアンプや倍電圧整流回路の部品が増えましたが，カソード抵抗がなくなりました．シングル式を



〈第5図〉
本機の周波数特性



〈第6図〉
本機の雑音ひずみ率特性

使用出力レベルの0.1W付近で0.06%を切っています．それ以上の出力でも，低雑音低ひずみ率を維持し，0.4Wあたりから緩やかに上昇していく特性です．1W付近でも0.1%と優れています．

400HzのHPFをオン/オフしてもほとんど変化はなく，ハムなどのノイズは見受けられません．

最大出力は，両ch/8Ω負荷で約2.5W+2.5W(0.7%ひずみ)あります．球数，プレート電圧を変えることなく，前回のシングル方式からPP化することにより，約3.4倍にパワー・アップされました．

低域の制御力がよくなった

試聴には，例によって下記の機器を用いました．

CDプレーヤは自作，スピーカはALTEC　CD 408-8A（ソニーSS-7090箱入りバスレフ）とALTEC CF 204-8A（ティアックS-70箱入り後面バスレフ）です．

再生音は非常に優れており，トリプルPPの効果なのか低域の制御力はすばらしく，心地よい真空管OTLサウンドを奏でてくれます．前回のPPと同様に“21世紀の真空管アンプ”を思わせるほど音がクリアです．優秀すぎて(?)高域のハーモニクス効果はシングル方式に比べ，ちょこっと物足りなささえ感じました．

高能率(98 dB/1 W/1 m)のCD 408-8Aスピーカから再生される音は生々しく，圧巻です．CDに記録されている音楽信号が正確に再生されているように感じられます．低域のしまり具合や制動力はトリプル化によりさらに向上しています．中高域も，弦楽器，鍵盤楽器，木管楽器，いずれの楽器でも明確にバランスよく奏でられています．ボーカルも生々しく，個々に明確ながらバランスがとれています．また，聴感パワーも十分です．

●筆者の視聴風景．CDプレーヤは自作．この環境なら出力2.5Wで十分な音量がえられる

10 cmサイズのCF 204-8A (95 dB/1 W/1 m)でも，CD 408に比べると低域は劣りますが，10 cmフレンジとは思えないほどの再生音で，どの楽器も音声も明確にバランスよく奏でられています．こちらも十分な聴感パワーがあります．改めて，低電圧0バイアス駆動真空管OTLアンプのよさを感じました．

また，6AS7Gが6本となり，その視覚的要素には力強さが感じられますので，再生される音楽がより素晴らしく聴こえます．

低電圧・0バイアス駆動PP方式OTLは，21世紀の真空管アンプに相応しい仕様といえます．

●ホームページ

http://www.geocities.jp/seychelle_7/